

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-139707

(43)Date of publication of application : 13.05.2004

(51)Int.Cl. G11B 11/105

(21)Application number : 2002-305736 (71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 21.10.2002 (72)Inventor : NISHIKAWA KOICHIRO

(54) MAGNETO-OPTICAL RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a deep groove and a narrow track pitch and to realize high-density recording and reproduction having a small difference of performance in an magneto-optical recording medium by which magnetic domain wall displacement reproduction is realized in a land and groove system.

SOLUTION: A flatly annular or spiral land 21 and a groove 22 are provided at a magneto-optical disk 7 having a magnetic layer 63 consisting of a magnetic domain wall displacement layer 63a, a switching layer 63b and a record holding layer 63c. Both of the land 21 and the groove 22 are used as recording and reproducing areas, and a side wall 23 existing between the land 21 and the groove 22 and the neighborhood of it are annealed, thereby physical property is changed. The width of the land 21 is larger than that of the groove 22 by from 0.5 times to four times of the side wall 23, and the ratio of the width of the land 21 to that of the groove 22 ranges from 1.05 to 1.20. Further, the period of the groove 22 ranges from 1.0 to 1.2 microns.

LEGAL STATUS [Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]

It has the magnetic layer of a configuration of that the laminating of the magnetic domain wall moving bed, a switching layer, and the record maintenance layer was carried out. If an impression field is modulated while the light beam for record is irradiated, information will be recorded on the record playback field of said magnetic layer. It is the magneto-optic-recording medium of the domain-wall-displacement mold with which said information is reproduced by detecting change of the plane of polarization which the magnetic domain wall of the record mark currently imprinted by said magnetic domain wall moving bed will move if the light beam for playback is

irradiated by said record playback field, and the reflected light of said light beam for playback has,

Annealing treatment of the side attachment wall which exists between the lands and grooves which constitute said record playback field, and its near is carried out,

The width of face of said land is a magneto-optic-recording medium characterized by only the 4 times [0.5 to] as many size of the width of face of said side attachment wall as this being large as compared with the width of face of said groove.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs]

This invention relates to the magneto-optic-recording medium which reproduces the information especially recorded on the magnetic thin film (magnetic layer) about the magneto-optic-recording medium which records information with a domain-wall-displacement playback system.

[0002]

[Description of the Prior Art]

Information is recorded by writing a magnetic domain (record mark) in a magnetic thin film (magnetic layer), using the heat energy of semiconductor laser as a rewritable high density recording method in a magneto-optic-recording medium, and there are some which read information using the photoelectromagnetic effect. In recent years, the demand which is going to raise further the recording density of the magneto-optic-recording medium using this method, and is going to realize a mass record medium is increasing. It depends on the laser wavelength of playback optical system, and the numerical aperture of an objective lens for the track recording density of the optical disk which is such a magneto-optic-recording medium greatly. However, there is a limitation in an improvement of the laser wavelength of playback optical system, and the numerical aperture of an objective lens. Therefore, the technique of improving recording density with devising the configuration and the approach of reading of a record medium is developed.

[0003]

For example, there is a technique currently indicated by JP,06-290496,A (the 1st conventional example). According to it, in the magnetic layer of the multilayers structure of having the magnetic domain wall moving bed combined magnetically and a record maintenance layer, information is recorded on a record maintenance layer. And at the time of information playback, the magnetic domain wall of the record mark currently imprinted by the magnetic domain wall moving bed is moved, without changing the information recorded on the record maintenance layer using the temperature gradient by the exposure of a light beam. And by making the magnetic domain wall moving bed magnetize so that some fields of the optical beam spot may be in the same magnetization condition, and detecting change of the plane of polarization of the light beam reflected light, even if it is below the diffraction limitation of light, a record mark is reproducible. According to this approach, the magneto-optic-recording medium for which recording density and whose transfer rate playback of the record mark below the diffraction limitation of light is possible, and improved sharply, and its playback approach are realizable.

[0004]

In addition, by this magneto-optic-recording medium, in order to make it easy to happen migration of the magnetic domain wall of the record mark in the magnetic domain wall moving bed using the temperature gradient by the exposure of a light beam, elevated-temperature annealing treatment which faces across the track (land) which is an information record playback field and which the laser beam of high power is irradiated [annealing treatment] and deteriorates the record maintenance layer of a groove part in the groove of adjoining both is performed. The effectiveness that do not become the magnetic domain which the magnetic domain wall which forms a record mark closed, namely, this annealing treatment divides between tracks magnetically can be acquired. A good regenerative signal can be acquired by this annealing treatment.

[0005]

Moreover, recently is prosperous in the research on a magneto-optic disk usable as an information record playback field, using not only a land but a groove as a track for densification. Generally this is called land - and - groove method, and is considered that densification becomes possible in the perpendicular direction to the track of a magneto-optic disk.

[0006]

For example, in invention indicated by JP,11-195252,A (the 2nd conventional example), land [of a deep groove] - and the magneto-optic-recording medium for - groove methods are realized by controlling the surface roughness of the slant-face-like side attachment wall (expressed with JP,11-195252,A the inclined plane of a land) which hits the boundary of the land and groove in a substrate. According to the experiment, by this approach, the record and playback whose track

recording density is 0.11micrometers/bit are checked using land [of a track pitch 0.6micrometer deep groove (the depth of a groove is about 100nm)] -, and - groove record medium.

[0007]

[Patent reference 1]

JP,06-290496,A

[Patent reference 2]

JP,11-195252,A

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

By the approach of carrying out elevated-temperature annealing treatment of the groove in the 1st above mentioned conventional example, this groove could not use as a record playback field, but there was a problem that it was difficult to attain narrow track pitch-ization.

[0009]

Moreover, in land - like the 2nd conventional example, and - groove method, if it is going to perform the record playback approach of a domain-wall-displacement mold, in order for a level difference etc. to divide between trucks certainly magnetically, it is necessary to form a groove in about 100nm or more comparatively deeply. Therefore, the temperature distribution formed by approaching space-behavior of incident light, i.e., behavior of the electromagnetic wave near the boundary in the boundary of arbitration (it compares with wavelength and is a sufficiently small field), while tracing the land differ from the temperature distribution formed while tracing the deep groove greatly. If optical big reinforcement is relatively needed compared with the time of tracing a deep groove and land record is carried out to the optimal conditions in case it records on a land especially, the problem of carrying out a cross light to a groove will arise. On the other hand, when the groove was formed shallowly, there was a problem that it was difficult to carry out magnetic fragmentation of between trucks effectively.

[0010]

Then, domain-wall-displacement playback is possible for the purpose of this invention in land - and - groove method, and it is to offer the magneto-optic-recording medium of the small domain-wall-displacement mold of an engine-performance difference between the land of a narrow track pitch, and a groove.

[0011]

[Means for Solving the Problem]

The description of this invention has the magnetic layer of a configuration of that the laminating of the magnetic domain wall moving bed, a switching layer, and the record maintenance layer was carried out. If an impression field is modulated while the light beam for record is irradiated, information will be recorded on the record playback field of a magnetic layer. The magnetic domain wall of the record mark currently imprinted

by the magnetic domain wall moving bed if the light beam for playback is irradiated by the record playback field moves. In the magneto-optic-recording medium of the domain-wall-displacement mold with which information is reproduced by detecting change of the plane of polarization which the reflected light of the light beam for playback has Annealing treatment of the side attachment wall which exists between the lands and grooves which constitute the record playback field, and its near is carried out, and the width of face of a land is in the place where only the 4 times [0.5 to] as many size of the width of face of a side attachment wall as this is large as compared with the width of face of a groove.

[0012]

By adopting such a configuration, the adjacent record playback field is divided magnetically and the thing which can respond to land – and – groove record and for which the optical magnetic medium in which higher-density information record of a narrow track pitch is possible is offered is comparatively possible at the vadium.

[0013]

[Embodiment of the Invention]

Hereafter, the operation gestalt of this invention is concretely explained with reference to a drawing. In addition, this invention is not limited by these operation gestalten although the operation gestalt illustrated below is an example of the best operation gestalt about this invention.

[0014]

[Magneto-optic-recording medium]

First, the magneto-optic-recording medium (magneto-optic disk) 7 of this operation gestalt is explained with reference to drawing 1 . This magneto-optic disk 7 is the configuration that the laminating of the substrate layer 62, a magnetic layer 63, the Uechi layer 64, and the protective layer 65 was carried out to the substrate 61 one by one, and magnetic layers 63 are magnetic domain wall moving-bed 63a, switching layer 63b, and a three-tiered structure that consists of record maintenance layer 63c. And this magneto-optic disk 7 is seen superficially, and its concentric circular or spiral side attachment wall 23 is pinched, and it is the land 21 which is the height, and the configuration that the groove 22 which is the concave-like section has been arranged by turns. The beam 31 for annealing (main beam) typically shown in drawing 1 is irradiated, elevated-temperature annealing treatment is performed, physical properties are deteriorated, most of lands 21 and grooves 22 are not influenced of annealing treatment, but, as for this side attachment wall 23, it is usable as a record playback field.

[0015]

The tilt angle of 60nm and a side attachment wall 23 of the depth of a groove 22 is 45 degrees, and, specifically, the width of face (half-value width) of 0.58 microns and a groove 22 of the width of face (half-value width) of a land 21 is 0.50 microns. The ratio

of the width of face (half-value width) of a land 21 and the width of face (half-value width) of a groove 22 is about 1.16:1. And the width of face of the track (record playback field) except the affected zone of annealing treatment is about 0.44 microns, and is almost the same also in a groove 22 also in a land 21. That is, this magneto-optic disk 7 is the domain-wall-displacement mold magneto-optic-recording medium of the narrow track pitch whose pitch of a track the width of face of a track is 0.54 microns in 0.44 microns. In addition, it is checked experimentally that the width of face of a track is [a bit error rate] possible for 1xten to four or less record playback in 0.08micrometers/bit of a 1-7RLL modulation in about 0.40 microns, and the engine performance to which at least 0.44 microns of width of face of a track apply to it is obtained.

[0016]

As mentioned above, according to this operation gestalt, the depth of a groove 22 is shallow compared with 60nm and the former, between tracks is magnetically divided in the narrow track pitch by the side attachment wall 23 with which annealing treatment is carried out and physical properties were deteriorated, and the magneto-optic disk 7 in which domain-wall-displacement mold playback is possible is obtained by land - and - groove method.

[0017]

in addition -- although the dimension of the magneto-optic disk 7 of this invention is not limited to said example carried out -- the depth of a groove 22 -- 15 degrees -- about 75 degrees of tilt angles of a side attachment wall 23 are more preferably formed [the tilt angle of a side attachment wall 23] in 30 degrees - about 60 degrees for the depth of a groove 22 by 20nm - 60nm by 10nm - about 80nm. The reason is explained in explanation of the manufacture approach of the magneto-optic-recording medium mentioned later.

[0018]

[The manufacture approach of a magneto-optic-recording medium]

Next, the magneto-optic-recording medium manufacture approach of this invention for manufacturing the magneto-optic disk 7 which was explained above is explained to a detail.

[0019]

First, the laminating of the magnetic layer 63 which becomes a substrate 61 from the three-tiered structure of the substrate layer 62, magnetic domain wall moving-bed 63a and switching layer 63b, and record maintenance layer 63c as shown in drawing 1 , the Uechi layer 64, and the protective layer 65 is carried out one by one, it sees superficially and the concentric circular or spiral side attachment wall 23 is pinched, and it forms so that it may become the land 21 which is the height, and the configuration that the groove 22 which is the concave-like section has been arranged by turns. Although such a formation approach is not explained in full detail here, it can

carry out by the conventional well-known approach etc. And elevated-temperature annealing treatment is performed to this side attachment wall 23. In addition, about the detailed design approaches, such as a dimension of the land 21 and groove 22 in the formation process of the preceding paragraph, and a side attachment wall 23, it mentions later.

[0020]

The annealing treatment to the above mentioned side attachment wall 23 is explained concretely. The schematic diagram of the annealing processor used in this operation gestalt is shown in drawing 2 . This annealing processor is located in a line at the single tier on the optical axis of the semiconductor laser 1 which is the annealing light source, and this semiconductor laser 1. A grating 2, a polarization beam splitter (PBS) 3, a collimator 4, the quarter-wave length plate 5, an objective lens 6, and a disk maintenance means (not shown), A lens maintenance means 10 to hold an objective lens 6, and the sensor lens 8 and sensor 9 which have been located in a line on the optical axis of the light reflected by PBS3. It has the tracking error generation circuit 11 which analyzes it in response to the output of a sensor 9, and the actuator drive circuit 12 which drives the lens maintenance means 10 in response to the output of the tracking error generation circuit 11. The tracking error circuit 11 includes the polar change circuit and the tracking error detector.

[0021]

Divide the flux of light outputted from semiconductor laser 1 into the flux of light which does not receive diffraction, and the two flux of lights which are the primary [**] diffracted light by the grating 2, PBS3 is made to penetrate, and it considers as the abbreviation parallel flux of light with a collimator 4, and is made to condense as a main beam 31 and two subbeams 32 and 33 on a magneto-optic disk 7 through lambda/4 plate 5 and an objective lens 6, in this annealing processor, as shown in drawing 3 . And it is made to reflect by PBS3 and a sensor 9 is made to condense three beams 31, 32, and 33 reflected with the magneto-optic disk 7 through the sensor lens 8.

[0022]

it is shown in drawing 3 -- as -- the main beam 31 among said beams condensed with the objective lens 6 as carried out -- the side attachment wall 23 of a magneto-optic disk 7 -- the inside of the subbeams 32 and 33 -- on the other hand (the example of drawing subbeam 32), another side (the example of drawing subbeam 33) is condensed by the land 21 near the core at the groove 23, respectively. By this, annealing treatment of a side attachment wall 23 and its near is carried out at the minute spot (main beam 31) of high intensity. However, since the intensity ratio of a main beam 31 and the subbeam 32 is set about to 1:0.1 to 0.2, even if the subbeams 32 and 33 are irradiated, since reinforcement is weak, annealing treatment of a land 21 and the groove 22 is not carried out.

[0023]

Thus, in order to obtain the minute spot (main beam 31) of high intensity, wavelength of semiconductor laser 1 is set to 400nm – 410nm, and that whose numerical aperture (NA) is 0.80 to about 0.90 as an objective lens 6 is used. In this operation gestalt, wavelength of semiconductor laser 1 was set to 410nm, and, as for the objective lens 6, NA adopted the thing of 0.85. And the optimum value between 5mW – 7mW was calculated about the reinforcement of the main beam 31 in case the rotational speed of a magneto-optic disk 7 is 2–3m/s, and semiconductor laser 1 is set up so that the reinforcement of a main beam 31 may serve as the optimum value. In addition, in this operation gestalt, it is one with high (0.85) NA of an objective lens 6, and since there is a possibility of changing spot grace sharply by mechanical fluctuation of a substrate 61 when incidence of the light is carried out to a magnetic layer 63 through a substrate 61, in order to avoid it, it constitutes so that incidence of the light may be carried out to a substrate 61 from the opposite side.

[0024]

By the way, the magneto-optic disk 7 of this operation gestalt is for performing record playback in the conditions [wavelength / beam / NA / of an objective lens] in 660nm 0.60. In this case, the usual push pull signal has large possibility that wavelength which was described above will not be obtained by 410nm at the beam spot whose NA of an objective lens is 0.85. Then, in order to acquire a push pull signal, as shown in drawing 3 , the subbeams 32 and 33 are made thick. That is, he is trying to become the spot which corresponds when wavelength is [NA of an objective lens] 0.55 to about 0.60 in 410nm for the subbeams 32 and 33 using the grating 2 as shown in drawing 4 . The circle 24 shown in drawing 4 by the dotted line shows the diameter of the flux of light on the grating 2 equivalent to the entrance pupil of an objective lens 6. The grid of a grating 2 is formed in field 2' smaller than it, the flux of light diffracted turns into the flux of light thinner than an entrance pupil at the entrance pupil point of an objective lens 6 as a result, and the main beam 31 extracted with the low objective lens 6 of NA is condensed on a magneto-optic disk 7. In this case, since, as for a non-diffracted-light bundle, the reinforcement of a core falls, a main beam 31 can also expect the so-called effectiveness of optical super resolution. In addition, by 410nm, wavelength should just prepare [NA of an objective lens] the grid of a grating 2 in a bigger field than the circle (entrance pupil) 24 of a dotted line like the approach usually performed with it, if it seems that a push pull signal is acquired by the configuration of a groove 22 also at the spot which is 0.85.

[0025]

On the other hand, it is again reflected by PBS3 and three beams 31, 32, and 33 reflected with the magneto-optic disk 7 are made to condense through the sensor lens 8, as shown in drawing 2 by the sensor 9. In the tracking error generation circuit 11, a tracking error is detected from the output signal with which a tracking error

detector is obtained from a sensor 9, and if it detects that the annealing treatment for 1 round of a side attachment wall 23 finished, by the adjoining side attachment wall 23, a polar change circuit will change the polarity of a tracking error according to the inclination of a tracking error becoming opposite. Based on the information from this tracking error generation circuit 11, the actuator drive circuit 12 moves the objective lens maintenance means 10 so that annealing treatment of the next side attachment wall 23 may be carried out, and it applies the so-called tracking servo.

[0026]

This tracking error generation and tracking servo are explained below at a detail. First, how to generate the tracking error for carrying out the tracking of the main beam 31 on a side attachment wall 23 is explained with reference to drawing 5. A sensor 9 consists of division sensors 41, 42, and 43 of three groups, and spots 51, 52, and 53 are condensed on each division sensors 41 and 42 and 43 corresponding to three beams 31, 32, and 33 on a magneto-optic disk 7. Based on $(A+C)-(B+D)$, a focal error signal is obtained from the division sensor 41. On the other hand, the push pull tracking error signal based on $TE1=F-E$ and $TE2=H-G$ is acquired from the division sensors 42 and 43, respectively. Here, the well-known differential push pull method is applied to the subbeams 52 and 33 [32 and] 53, i.e., spots. Then, the repressed tracking error signal for DC offset is acquired.

[0027]

Based on this tracking error signal, the tracking servo stabilized at the time of the annealing treatment of a side attachment wall 23 becomes possible. And it offsets if needed, and as mentioned above, when moving to the next side attachment wall 23, he changes the polarity of a tracking error signal and is trying to apply a tracking servo.

[0028]

Here, a tracking servo is described. The relation of the tracking error signal mentioned above is indicated to be a land 21 and a groove 22 to drawing 6. As shown in drawing 6, when moving to side-attachment-wall 23' which adjoins from a side attachment wall 23, the amount delta of offset for DETORAKKU remains as it is, and has changed the polarity. By carrying out like this, DETORAKKU by the side of a groove 22 can always be maintained. This offset is principle top needlessness, when the width of face of a land 21 and a groove 22 is equal. However, since the core of a side attachment wall 23 is not a midpoint between the core of a land 21, and the core of a groove 22, in order to make the core of a side attachment wall 23 carry out tracking when the width of face of a land 21 and a groove 22 differs, it is necessary to offset a little. In this operation gestalt, since the width of face of a land 21 is wider than the width of face of a groove 22 so that it may mention later, it is required to maintain DETORAKKU of the some by the side of a groove 22.

[0029]

Next, the mimetic diagram shown in drawing 7 -10 about the annealing treatment of a

side attachment wall 23 in the examination result in the analysis of the optical spot profile based on vector analysis and the amount of light absorption of a thin film and the temperature-distribution analysis based on the thermal diffusion equation using the result further is explained as a model.

[0030]

The linear velocity of 2.0m/s shows the light absorption distribution at the time of irradiating the spot 51 (main beam 31) for annealing at the core of a side attachment wall 23 to drawing 7 and drawing 8 . The location of the radial direction which is the axis of abscissa of these graphs expresses the core of a side attachment wall 23 as criteria (0). With this operation gestalt, the depth of a groove 22 is 60nm and the tilt angle of a side attachment wall 23 is 45 degrees. Drawing 7 shows the light absorption distribution (exoergic distribution) in the cross section of a radial direction (disk radial). Drawing 8 shows the contour line of superficial light absorption distribution (exoergic distribution) on the strength. In drawing 8 , the direction of a truck is the spot migration direction, and expresses the location of the spot currently irradiated as criteria (0). Drawing 7 and 8 show that light absorption has the peak near a land edge (edge of a land 21). That is, light absorption distribution is seen from [of light] incidence, and is concentrated near the edge of the convex land 21. This means the localization of the electric field in microstructure known for the approaching space optical field.

[0031]

The temperature distribution at that time are shown in drawing 9 and drawing 10 . Drawing 9 shows the temperature distribution in the cross section of a radial direction (disk radial). Drawing 10 shows the contour line of superficial temperature distribution on the strength. Even if the peak of temperature is near a land edge too reflecting light absorption distribution and it carries out a two-dimensional view, the field where temperature is high spreads out near the land edge. Therefore, it turns out that annealing temperature is reached in an order from the field from a side attachment wall 23 to a land 21.

[0032]

As mentioned above, since light absorption distribution has a peak near a land edge and the field where temperature is high spreads near a land edge as a result, even if DETORAKKU [a spot] at the time of annealing treatment somewhat, it turns out that the effect is small.
 [0033]

By the way, in this operation gestalt, the boundary section of a groove 22 and a side attachment wall 23 carries out an adjustment setup of the annealing exposure light reinforcement so that it may become the threshold of annealing temperature exactly. That is, in drawing 9 , the temperature T_w in the location (edge by the side of the groove 22 of a side attachment wall 23) which shifted only the one half w of the width of face of a side attachment wall 23 from the core of a side attachment wall 23 to the

groove 22 side is set up so that it may become the threshold of annealing temperature. By the groove 22 side, annealing even of the edge of only the field 23 of the one half w of the width of face of a side attachment wall 23, i.e., a side attachment wall, is carried out from the core of a side attachment wall 23 by this. However, from the core of a side attachment wall 23, by the land 21 side, since the hot field is large compared with the groove 22 side so that clearly from drawing 9 and the temperature distribution of 10, annealing only of the width of face La larger than the annealing field by the side of a groove 22 (field of the one half w of the width of face of a side attachment wall 23) is carried out. That is, annealing also of the part close to the side attachment wall 23 of a land 21 is carried out.

[0034]

If it thinks from this, as described above, annealing treatment of a side attachment wall 23 and its near is carried out by setting the core of a side attachment wall 23 as a condensing core, and in order to make it the width of face of the track (record playback field) in the land 21 after annealing treatment and the width of face of the track (record playback field) in a groove 22 become almost equal, it is necessary to make width of face of a land 21 into width. Desirably, it is good only for the value of the width of face (La-w) of a groove 22 to make width of face of a land 21 large. Thus, without extending a track pitch vainly, the width of face of a track can be equalized and domain-wall-displacement regenerative-signal grace can be arranged. In addition, with this operation gestalt, light is irradiated from a substrate 61 and the opposite side.

[0035]

In addition, the magneto-optic disk 7 of this operation gestalt performs record playback of land - and - groove method, and 15 degrees - its about 75 degrees are [the depth of the groove 22] suitable for the tilt angle of 10nm - about 80nm and a side attachment wall 23. When the depth of a groove 22 is about 10nm or less or 100nm order extent, the modulation factor of the push pull signal at the time of irradiating a light beam is too low to perform normal tracking error signal generation. Moreover, if the tilt angle of a side attachment wall 23 is within the limits which is extent which can perform shaping of a substrate 61 easily when the depth of a groove 22 is deeper than 100nm, the width of face of a side attachment wall 23 will become large. If the width of face of a side attachment wall 23 becomes large too much, since the width of face of the track (land - and record playback field in - groove method) of a land 21 and a groove 22 will become narrow after **** and the annealing treatment of a side attachment wall 23 that much, good domain-wall-displacement mold record playback becomes impossible. The problem that shaping of a substrate 61 will become it difficult that possibility that un-arranging [which the width of face of a side attachment wall 23, on the other hand, became it large that the tilt angle of a side attachment wall 23 was 15 degrees or less too much, and was described above] will arise is large, and is 75 degrees or more arises. After all, 15 degrees - about 75

degrees are suitable for the depth of a groove 22, and the depth of a groove 22 can say that the tilt angle of 10nm – about 80nm and a side attachment wall 23 is better for it with the tilt angle of 20nm – 60nm and a side attachment wall 23 being 30 degrees – about 60 degrees.

[0036]

Thus, the depth of a groove 22 actually analyzed about the magneto-optic disk 7 whose tilt angle of 10nm – 80nm and a side attachment wall 23 is 15 degrees – 75 degrees. The depth of a groove 22 shows the difference of the width of face of the field of a value (La-w), i.e., a land 21 and a groove 22, by which annealing treatment is carried out in Table 1 by 20nm, 40nm, and 60nm among the analysis result about the case where the tilt angles of a side attachment wall 23 are 30 degrees, 45 degrees, and 60 degrees. Moreover, the width of face (2w) of the side attachment wall 23 at that time is shown in Table 2.

[0037]

[Table 1]

[表1]

La-w

グループ22の深さ 側壁23の傾斜角	La-w		
	20 nm	40 nm	60 nm
30°	50.3 nm	63.8 nm	72.8 nm
45°	46.3 nm	61.9 nm	78.1 nm
60°	42.2 nm	54.5 nm	64.9 nm

[表2]

2w

グループ22の深さ 側壁23の傾斜角	2w		
	20 nm	40 nm	60 nm
30°	35 nm	69 nm	104 nm
45°	20 nm	40 nm	60 nm
60°	11 nm	23 nm	35 nm

The ratio of width-of-face $2w$ of a value $(La-w)$ and a side attachment wall 23 becomes 0.7 to about 3.8 from this Table 1 and 2. namely, by the magneto-optic-recording medium which performs record by land - and - groove method, like this invention In irradiating light from a substrate 61 and the opposite side and carrying out annealing treatment of a side attachment wall 23 and its near By 20nm - 60nm, if the tilt angle of a side attachment wall 23 is 30 degrees - about 60 degrees, the depth of a groove 22 If the width of face of a side attachment wall 23 is wide about 0.7 to 3.8 times and width of face of a land 21 is carried out as compared with the width of face of a groove 22 The grace of a domain-wall-displacement regenerative signal can be arranged without the width of face of a truck (record playback field) in the land 21 after annealing treatment and the width of face of the truck (record playback field) in a groove 22 becoming almost equal, and extending a track pitch vainly. In addition, the tilt angle of a side attachment wall 23 has the depth of a groove 22 good at 10nm - about 80nm for the width of face of a side attachment wall 23 to be wide about 0.5 to 4 times, and to carry out width of face of a land 21 as compared with the width of face of a groove 22, if it is 15 degrees - about 75 degrees. [0038]

The magneto-optic disk 7 of this operation gestalt is for performing record playback in the conditions [wavelength / beam / NA / of an objective lens] in 660nm 0.60 as described above. When performing record of land - and - groove method upwards, and narrowing a track pitch further wishes, it is appropriate to make the pitch of a groove 22 into about 1.0-1.2 microns. In a pitch narrower than this, even if it can perform magnetic fragmentation, it is because the effect from adjoining trucks, such as a cross talk, poses a big problem. Thus, in 20nm - about 60nm, when the pitch of a groove 22 is made into 1.0-1.2 microns, if the depth of a groove 22 is 30 degrees - about 60 degrees, it is [the tilt angle of a side attachment wall 23 of the width of face (half-value width) of the width-of-face (half-value width):groove 22 of a land 21] about 1.07 to 1.17:1. Moreover, in 10nm - about 80nm, if the depth of a groove 22 is 15 degrees - about 75 degrees, it is [the tilt angle of a side attachment wall 23 of the width of face (half-value width) of the width-of-face (half-value width):groove 22 of a land 21] about 1.05 to 1.20:1.

[0039]

By 410nm, although wavelength of the annealing conditions about the optical system in this operation gestalt, i.e., the light beam for annealing, is premised on the conditions that NA of an objective lens 6 is 0.85, the above explanation Since it is the design based on light absorption distribution seeing from optical incidence, and concentrating near the edge section of the convex land 21 as shown in drawing 7 -10

Unless the annealing conditions about optical system are greatly separated from said annealing conditions adopted with this operation gestalt, the big difference in a situation is not produced and the good magneto-optic disk 7 is substantially obtained by the same design.

[0040]

In this way, the magneto-optic disk 7 of this operation gestalt same with having been shown in drawing 1 is obtained. As shown in drawing 11, the field (magnetic deterioration field) 24 which mainly serves as field inner magnet-ized film focusing on the edge section of a land 21 and where magnetism was deteriorated exists in this magneto-optic disk 7. And as an example, since the tilt angle of a side attachment wall 23 formed [the depth of a groove] in 45 degrees by 60nm, w was 0.06 microns in about 0.08 microns, and (La-w) made the pitch of a groove 22 1.08 microns, and made 0.50 microns width of face (half-value width) of 0.58 microns and a groove 22 for the width of face (half-value width) of a land 21. By this, the width of face of the track after annealing treatment (record playback field) becomes about 0.44 microns, and turns into the almost same width of face by the land 21 and the groove 22. Moreover, the ratio of the width of face (half-value width) of a land 21 and the width of face (half-value width) of a groove 22 is about 1.16:1. In this way, the domain-wall-displacement mold magneto-optic-recording medium with a narrow track pitch with a comparatively shallow groove 22 whose track pitch the width of recording track is 0.54 microns in 0.44 microns was obtained.

[0041]

[The 1st embodiment]

It has the magnetic layer of a configuration of that the laminating of the magnetic domain wall moving bed, a switching layer, and the record maintenance layer was carried out. If an impression field is modulated while the light beam for record is irradiated, information will be recorded on the record playback field of said magnetic layer. It is the magneto-optic-recording medium of the domain-wall-displacement mold with which said information is reproduced by detecting change of the plane of polarization which the magnetic domain wall of the record mark currently imprinted by said magnetic domain wall moving bed will move if the light beam for playback is irradiated by said record playback field, and the reflected light of said light beam for playback has,

Annealing treatment of the side attachment wall which exists between the lands and grooves which constitute said record playback field, and its near is carried out,

The width of face of said land is a magneto-optic-recording medium characterized by only the 4 times [0.5 to] as many size of the width of face of said side attachment wall as this being large as compared with the width of face of said groove.

[0042]

[The 2nd embodiment]

It has the magnetic layer of a configuration of that the laminating of the magnetic domain wall moving bed, a switching layer, and the record maintenance layer was carried out. If an impression field is modulated while the light beam for record is irradiated, information will be recorded on the record playback field of said magnetic layer. It is the magneto-optic-recording medium of the domain-wall-displacement mold with which said information is reproduced by detecting change of the plane of polarization which the magnetic domain wall of the record mark currently imprinted by said magnetic domain wall moving bed will move if the light beam for playback is irradiated by said record playback field, and the reflected light of said light beam for playback has,

Annealing treatment of the side attachment wall which exists between the lands and grooves which constitute said record playback field, and its near is carried out,

The magneto-optic-recording medium by which the period of said groove is 1.0–1.2 microns, and the ratio to the width of face of said groove of the width of face of said land is characterized by being 1.05–1.20.

[0043]

[The 3rd embodiment]

Said side attachment wall and its near are a magneto-optic-recording medium given in the 1st or 2nd embodiment by which physical properties are deteriorated by irradiating the light beam for annealing.

[0044]

[The 4th embodiment]

It has the magnetic layer of a configuration of that the laminating of the magnetic domain wall moving bed, a switching layer, and the record maintenance layer was carried out. If an impression field is modulated while the light beam for record is irradiated, information will be recorded on the record playback field of said magnetic layer. It is the manufacture approach of the magneto-optic-recording medium of a domain-wall-displacement mold that said information is reproduced, by detecting change of the plane of polarization which the magnetic domain wall of the record mark currently imprinted by said magnetic domain wall moving bed will move if the light beam for playback is irradiated by said record playback field, and the reflected light of said light beam for playback has,

The process which the light beam for annealing is irradiated [process] and deteriorates physical properties in the side attachment wall which exists between the lands and grooves which constitute said record playback field, and its near is included, The manufacture approach of a magneto-optic-recording medium that width of face of said land is characterized by forming said land and said groove so that only the 4 times [0.5 to] as many size of the width of face of said side attachment wall as this may become large as compared with the width of face of said groove.

[0045]

[The 5th embodiment]

It has the magnetic layer of a configuration of that the laminating of the magnetic domain wall moving bed, a switching layer, and the record maintenance layer was carried out. If an impression field is modulated while the light beam for record is irradiated, information will be recorded on the record playback field of said magnetic layer. It is the manufacture approach of the magneto-optic-recording medium of a domain-wall-displacement mold that said information is reproduced, by detecting change of the plane of polarization which the magnetic domain wall of the record mark currently imprinted by said magnetic domain wall moving bed will move if the light beam for playback is irradiated by said record playback field, and the reflected light of said light beam for playback has,

The process which the light beam for annealing is irradiated [process] and deteriorates physical properties in the side attachment wall which exists between the lands and grooves which constitute said record playback field, and its near is included, The manufacture approach of the magneto-optic-recording medium characterized by forming said land and said groove so that the period of said groove may be 1.0–1.2 microns and the ratio to the width of face of said groove of the width of face of said land may be set to 1.05–1.20.

[0046]

[Effect of the Invention]

In the magneto-optic-recording medium which according to this invention adopts land – and – groove method, and performs domain-wall-displacement mold record playback as stated above Even if it is a comparatively shallow groove by carrying out annealing treatment of the side attachment wall located between a land and a groove, and deteriorating physical properties, the record playback field of a land and a groove which adjoins mutually is divided magnetically effectively, and good high density record and playback can be performed. And when only the specified quantity makes width of face of a land larger than the width of face of a groove, the record playback field of a land and a groove is mostly made into this width of face, and a regenerative signal can be equalized and it can be made high definition.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the typical sectional view showing the important section of the magneto-optic disk of this invention.

[Drawing 2] It is the mimetic diagram of the annealing processor used for the manufacture approach of the magneto-optic disk of this invention.

[Drawing 3] It is the typical top view showing the optical exposure process to the magneto-optic-disk top in the manufacture approach of the magneto-optic disk of this invention.

[Drawing 4] It is the explanatory view showing the structure of the grating of the annealing processor shown in drawing 2 .

[Drawing 5] It is the block diagram showing the outline of the tracking error generation circuit of the annealing processor shown in drawing 2 .

[Drawing 6] It is the explanatory view showing the tracking error in the manufacture approach of the magneto-optic disk of this invention.

[Drawing 7] It is drawing showing exoergic distribution of the radial direction in the optical exposure process to the magneto-optic-disk top in the manufacture approach of the magneto-optic disk of this invention.

[Drawing 8] It is drawing showing the contour line on the strength in the optical exposure process to the magneto-optic-disk top in the manufacture approach of the magneto-optic disk of this invention.

[Drawing 9] It is drawing showing the temperature distribution of the radial direction in the optical exposure process to the magneto-optic-disk top in the manufacture approach of the magneto-optic disk of this invention.

[Drawing 10] It is drawing showing the constant-temperature line in the optical exposure process to the magneto-optic-disk top in the manufacture approach of the magneto-optic disk of this invention.

[Drawing 11] It is the typical top view showing the important section of the magneto-optic disk of this invention.

[Description of Notations]

1 Semiconductor Laser

2 Grating

3 Polarization Beam Splitter (PBS)

4 Collimator

5 Quarter-wave Length Plate

6 Objective Lens

7 Magneto-optic-Recording Medium (Magneto-optic Disk)

8 Sensor Lens

9 Sensor

10 Lens Maintenance Means

11 Tracking Error Generation Circuit

12 Actuator Drive Circuit

21 Land

22 Groove

23 Side Attachment Wall

24 Magnetic Deterioration Field

31 Beam for Annealing (Main Beam)

32 33 Subbeam

61 Substrate

62 Substrate Layer

63 Magnetic Layer

63a Magnetic domain wall moving bed
63b Switching layer
63c Record maintenance layer
64 Uechi Layer
65 Protective Layer
delta The amount of offset
w 1/2 of side-attachment-wall width of face
Tw Annealing temperature threshold
La Width of face of the annealing field of the landau corresponding to Tw

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the typical sectional view showing the important section of the magneto-optic disk of this invention.

[Drawing 2] It is the mimetic diagram of the annealing processor used for the manufacture approach of the magneto-optic disk of this invention.

[Drawing 3] It is the typical top view showing the optical exposure process to the magneto-optic-disk top in the manufacture approach of the magneto-optic disk of this invention.

[Drawing 4] It is the explanatory view showing the structure of the grating of the annealing processor shown in drawing 2 .

[Drawing 5] It is the block diagram showing the outline of the tracking error generation circuit of the annealing processor shown in drawing 2 .

[Drawing 6] It is the explanatory view showing the tracking error in the manufacture approach of the magneto-optic disk of this invention.

[Drawing 7] It is drawing showing exoergic distribution of the radial direction in the optical exposure process to the magneto-optic-disk top in the manufacture approach of the magneto-optic disk of this invention.

[Drawing 8] It is drawing showing the contour line on the strength in the optical exposure process to the magneto-optic-disk top in the manufacture approach of the

magneto-optic disk of this invention.

[Drawing 9] It is drawing showing the temperature distribution of the radial direction in the optical exposure process to the magneto-optic-disk top in the manufacture approach of the magneto-optic disk of this invention.

[Drawing 10] It is drawing showing the constant-temperature line in the optical exposure process to the magneto-optic-disk top in the manufacture approach of the magneto-optic disk of this invention.

[Drawing 11] It is the typical top view showing the important section of the magneto-optic disk of this invention.

[Description of Notations]

1 Semiconductor Laser

2 Grating

3 Polarization Beam Splitter (PBS)

4 Collimator

5 Quarter-wave Length Plate

6 Objective Lens

7 Magneto-optic-Recording Medium (Magneto-optic Disk)

8 Sensor Lens

9 Sensor

10 Lens Maintenance Means

11 Tracking Error Generation Circuit

12 Actuator Drive Circuit

21 Land

22 Groove

23 Side Attachment Wall

24 Magnetic Deterioration Field

31 Beam for Annealing (Main Beam)

32 33 Subbeam

61 Substrate

62 Substrate Layer

63 Magnetic Layer

63a Magnetic domain wall moving bed

63b Switching layer

63c Record maintenance layer

64 Uchi Layer

65 Protective Layer

δ The amount of offset

$w/2$ of side-attachment-wall width of face

T_w Annealing temperature threshold

L_a Width of face of the annealing field of the landau corresponding to T_w

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-139707

(P2004-139707A)

(43) 公開日 平成16年5月13日(2004.5.13)

(51) Int. Cl.⁷

G 1 1 B 11/105

F 1

G 1 1 B 11/105 5 1 6 K

G 1 1 B 11/105 5 1 1 H

G 1 1 B 11/105 5 2 1 F

G 1 1 B 11/105 5 4 6 C

テーマコード (参考)

5 D 0 7 5

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2002-305736 (P2002-305736)

(22) 出願日 平成14年10月21日 (2002.10.21)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74) 代理人 100088328

弁理士 金田 暢之

(74) 代理人 100106297

弁理士 伊藤 克博

(74) 代理人 100106138

弁理士 石橋 政幸

(72) 発明者 西川 幸一郎

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ

ヤノン株式会社内

Fターム(参考) 5D075 EE03 FF12 FG18 GG16

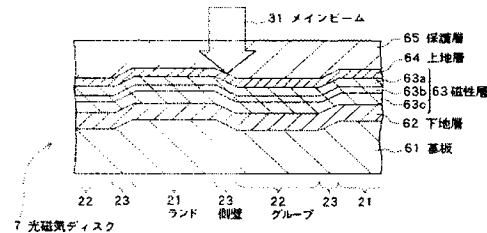
(54) 【発明の名称】 光磁気記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 ランド・アンド・グループ方式で磁壁移動再生が可能な光磁気記録媒体を、深溝化および狭トラックピッチ化するとともに、性能差異の小さい高密度記録および再生を可能にする。

【解決手段】 磁壁移動層63aと、スイッチング層63bと、記録保持層63cとからなる磁性層63を有する光磁気ディスク7に、平面的に環状または螺旋状のランド21およびグループ22が設けられている。ランド21とグループ22はいずれも記録再生領域として使用され、ランド21とグループ22の間に存在する側壁23とその近傍がアニール処理されて、物性が変質させられている。ランド21の幅は、グループ22の幅に比較して、側壁23の幅の0.5倍から4倍の広さだけ広くなっており、かつ、ランド21の幅のグループ22の幅に対する比が1.05～1.20である。また、グループ22の周期は1.0～1.2ミクロンである。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

磁壁移動層と、スイッチング層と、記録保持層とが積層された構成の磁性層を有し、記録用光ビームが照射されるとともに印加磁界が変調されると前記磁性層の記録再生領域に情報が記録され、前記記録再生領域に再生用光ビームが照射されると前記磁壁移動層に転写されている記録マークの磁壁が移動し、前記再生用光ビームの反射光が有する偏光面の変化を検出することによって前記情報が再生される磁壁移動型の光磁気記録媒体であって、前記記録再生領域を構成しているランドとグルーブの間に存在する側壁およびその近傍がアニール処理されており、前記ランドの幅は、前記グルーブの幅に比較して、前記側壁の幅の 0.5 倍から 4 倍の広さだけ広がっていることを特徴とする光磁気記録媒体。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明が属する技術分野】**

本発明は、磁性薄膜（磁性層）に情報を記録する光磁気記録媒体に関し、特に、記録した情報を磁壁移動再生方式により再生する光磁気記録媒体に関する。

【0002】**【従来の技術】**

光磁気記録媒体における、書き換え可能な高密度記録方式として、半導体レーザの熱エネルギーを用いて磁性薄膜（磁性層）に磁区（記録マーク）を書き込むことで情報を記録し、光磁気効果を用いて情報を読み出すものがある。近年、この方式を用いた光磁気記録媒体の記録密度をさらに高めて大容量の記録媒体を実現しようとする要求が高まっている。このような光磁気記録媒体である光ディスクの線記録密度は、再生光学系のレーザ波長と対物レンズの開口数に大きく依存する。しかし、再生光学系のレーザ波長や対物レンズの開口数の改善には限界がある。そのため、記録媒体の構成や読み取り方法を工夫することで記録密度を改善する技術が開発されている。

【0003】

例えば、特開平 06-290496 号公報（第 1 の従来例）に開示されている技術がある。それによれば、磁氣的に結合された磁壁移動層と記録保持層とを有する多層膜構造の磁性層において、情報は記録保持層に記録される。そして、情報再生時には、光ビームの照射による温度勾配を利用して、記録保持層に記録した情報を変化させることなく、磁壁移動層に転写されている記録マークの磁壁を移動させる。そして、光ビームスポットの一部の領域が同一の磁化状態になるように磁壁移動層を磁化させて、光ビーム反射光の偏光面の変化を検出することにより、光の回折限界以下であっても記録マークを再生できる。この方法によれば、光の回折限界以下の記録マークの再生が可能であり、記録密度および転送速度が大幅に向上した光磁気記録媒体及びその再生方法が実現可能である。

【0004】

なお、この光磁気記録媒体では、光ビームの照射による温度勾配を利用して磁壁移動層における記録マークの磁壁の移動を起し易くするために、情報記録再生領域であるトラック（ランド）を挟む、隣接する両方のグルーブに、高出力のレーザ光を照射してグルーブ部分の記録保持層を変質させる高温アニール処理が施されている。このアニール処理により、記録マークを形成する磁壁が閉じた磁区にならない、すなわち、トラック間を磁氣的に分断するという効果を得ることができる。このアニール処理により良好な再生信号を得ることができる。

【0005】

また、最近では、高密度化のために、ランドのみならずグルーブをもトラックとして、すなわち情報記録再生領域として使用可能な光磁気ディスクに関する研究が盛んである。これは、一般にランド・アンド・グルーブ方式と言われ、光磁気ディスクのトラックに対して垂直な方向に高密度化が可能となると考えられている。

【0006】

例えば、特開平11-195252号公報（第2の従来例）に記載されている発明では、基板におけるランドとグループとの境界にあたる斜面状の側壁（特開平11-195252号公報ではランド部の傾斜面と表されている）の表面粗さをコントロールすることにより、深溝のランド・アンド・グループ方式用の光磁気記録媒体を実現している。この方法により、実験によればトラックピッチ0.6 μm の深溝（グループの深さが約100 nm）のランド・アンド・グループ記録媒体を用いて、線記録密度が0.11 $\mu\text{m}/\text{bit}$ の記録および再生が確認されている。

【0007】

【特許文献1】

特開平06-290496号公報

【特許文献2】

特開平11-195252号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

前記した第1の従来例においてグループを高温アニール処理する方法では、このグループが記録再生領域として利用できず、狭トラックピッチ化を図ることが難しいという問題があった。

【0009】

また、第2の従来例のようなランド・アンド・グループ方式において、磁壁移動型の記録再生方法を行おうとすると、段差等によってトラック間を磁氣的に確実に分断するために、グループを100 nm程度以上に比較的深く形成する必要がある。そのため、入射光の近接場的振る舞い、すなわち任意の境界における境界近傍（波長と比較して十分小さい領域）での電磁波の振る舞いによって、ランドをトレースしている時に形成される温度分布と、深いグループをトレースしている時に形成される温度分布とが大きく異なる。特に、ランドに記録する際には、深いグループをトレースする時に比べて相対的に大きな光強度が必要となり、ランド記録を最適な条件に行うと、グループにクロスライトしてしまうという問題が生じる。これに対し、グループを浅く形成すると、トラック間を効果的に磁氣的に分断することが難しいという問題があった。

【0010】

そこで、本発明の目的は、ランド・アンド・グループ方式で磁壁移動再生が可能で、狭トラックピッチのランドおよびグループ間で性能差異の小さい磁壁移動型の光磁気記録媒体を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明の特徴は、磁壁移動層と、スイッチング層と、記録保持層とが積層された構成の磁性層を有し、記録用光ビームが照射されるとともに印加磁界が変調されると磁性層の記録再生領域に情報が記録され、記録再生領域に再生用光ビームが照射されると磁壁移動層に転写されている記録マークの磁壁が移動し、再生用光ビームの反射光が有する偏光面の変化を検出することによって情報が再生される磁壁移動型の光磁気記録媒体において、記録再生領域を構成しているランドとグループの間に存在する側壁およびその近傍がアニール処理されており、ランドの幅は、グループの幅に比較して、側壁の幅の0.5倍から4倍の広さだけ広がっているところにある。

【0012】

このような構成を採用することによって、隣り合う記録再生領域が磁氣的に分断されており、ランド・アンド・グループ記録に対応可能な、比較的浅溝で狭トラックピッチの、より高密度な情報記録が可能な光磁気媒体を提供することが可能である。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して具体的に説明する。なお、以下に例示する実施形態は本発明に関する最良の実施形態の一例ではあるものの、本発明はこれらの実

施形態により限定されるものではない。

【0014】

[光磁気記録媒体]

まず、本実施形態の光磁気記録媒体（光磁気ディスク）7について図1を参照して説明する。この光磁気ディスク7は、基板61に、下地層62、磁性層63、上地層64、保護層65が順次積層された構成であり、磁性層63は、磁壁移動層63aと、スイッチング層63bと、記録保持層63cからなる3層構造である。そして、この光磁気ディスク7は、平面的に見て同心円状または螺旋状の側壁23を挟んで、凸状部であるランド21と凹溝状部であるグループ22が交互に配置された構成である。この側壁23は、図1には模式的に示すアニール用ビーム（メインビーム）31が照射されて高温アニール処理を施され、物性が変質させられたものであり、ランド21とグループ22の大部分は、アニール処理の影響を受けておらず、記録再生領域として使用可能である。

【0015】

具体的には、グループ22の深さは60nm、側壁23の傾斜角は45°であり、ランド21の幅（半値幅）は0.58ミクロン、グループ22の幅（半値幅）は0.50ミクロンである。ランド21の幅（半値幅）とグループ22の幅（半値幅）の比は、1.16:1程度である。そして、アニール処理の影響を受けた部分を除くトラック（記録再生領域）の幅は0.44ミクロン程度であり、ランド21においてもグループ22においてもほぼ同じである。すなわち、この光磁気ディスク7は、トラックの幅が0.44ミクロンでトラックのピッチが0.54ミクロンである狭トラックピッチの磁壁移動型光磁気記録媒体である。なお、トラックの幅が0.40ミクロン程度では、1-7RLL変調の0.08μm/bitでビットエラーレートが 1×10^{-4} 以下の記録再生が可能であることが実験的に確認されており、トラックの幅が0.44ミクロンでもそれに準ずる性能が得られる。

【0016】

以上のように、本実施形態によると、グループ22の深さが60nmと従来に比べて浅く、狭トラックピッチで、アニール処理され物性が変質させられた側壁23によってトラック間が磁氣的に分断されており、ランド・アンド・グループ方式で磁壁移動型再生が可能な光磁気ディスク7が得られる。

【0017】

なお、本発明の光磁気ディスク7の寸法は前記した例に限定されないが、グループ22の深さは10nm～80nm程度で側壁23の傾斜角は15°～75°程度、より好ましくはグループ22の深さは20nm～60nmで側壁23の傾斜角は30°～60°程度に形成される。その理由については、後述する光磁気記録媒体の製造方法の説明の中で説明する。

【0018】

[光磁気記録媒体の製造方法]

次に、以上説明したような光磁気ディスク7を製造するための、本発明の光磁気記録媒体製造方法について、詳細に説明する。

【0019】

まず、図1に示すように、基板61に、下地層62と、磁壁移動層63aとスイッチング層63bと記録保持層63cの3層構造からなる磁性層63と、上地層64と、保護層65を順次積層し、平面的に見て同心円状または螺旋状の側壁23を挟んで、凸状部であるランド21と凹溝状部であるグループ22が交互に配置された構成になるように形成しておく。このような形成方法については、ここでは詳述しないが、従来の公知の方法などで行うことができる。そして、この側壁23に対して高温アニール処理を施す。なお、前段の形成工程における、ランド21とグループ22と側壁23の寸法などの詳細な設計方法については後述する。

【0020】

前記した側壁23に対するアニール処理について具体的に説明する。図2には、本実施形

態において用いられるアニール処理装置の概略図を示している。このアニール処理装置は、アニール光源である半導体レーザ1と、この半導体レーザ1の光軸上に一列に並んでいる、グレーティング2、偏光ビームスプリッタ(PBS)3、コリメータ4、 $\lambda/4$ 波長板5、対物レンズ6、およびディスク保持手段(図示せず)と、対物レンズ6を保持するレンズ保持手段10と、PBS3により反射された光の光軸上に並んでいるセンサーレンズ8およびセンサー9と、センサー9の出力を受けてそれを解析するトラッキングエラー生成回路11と、トラッキングエラー生成回路11の出力を受けてレンズ保持手段10を駆動するアクチュエータードライブ回路12とを有している。トラッキングエラー回路11は、極性切り替え回路とトラッキングエラー検出回路を含んでいる。

【0021】

このアニール処理装置において、半導体レーザ1から出力した光束を、グレーティング2で、回折を受けない光束と±1次回折光である2つの光束とに分け、PBS3を透過させ、コリメータ4により略平行光束とし、 $\lambda/4$ 板5および対物レンズ6を介して、図3に示すように、光磁気ディスク7上にメインビーム31と2つのサブビーム32、33として集光させる。そして、光磁気ディスク7で反射された3つのビーム31、32、33は、PBS3で反射させ、センサーレンズ8を介してセンサー9に集光させる。

【0022】

図3に示すように、前記したように対物レンズ6で集光されたビームのうち、メインビーム31は光磁気ディスク7の側壁23に、サブビーム32、33のうち的一方(図の例ではサブビーム32)はランド21に、他方(図の例ではサブビーム33)はグループ23に、それぞれ中心付近へ集光されている。これによって、高強度の微小スポット(メインビーム31)で側壁23およびその近傍をアニール処理する。ただし、メインビーム31とサブビーム32の強度比は1:0.1~0.2程度に設定されているので、ランド21とグループ22は、サブビーム32、33が照射されても強度が弱いためアニール処理されない。

【0023】

このように高強度の微小スポット(メインビーム31)を得るためには、半導体レーザ1の波長を400nm~410nmとし、対物レンズ6としては開口数(NA)が0.80~0.90程度のものが用いられる。本実施形態においては、半導体レーザ1の波長を410nmとし、対物レンズ6はNAが0.85のものを採用した。そして、光磁気ディスク7の回転速度が2~3m/sの時のメインビーム31の強度について5mW~7mWの間の最適値を求め、メインビーム31の強度がその最適値となるように半導体レーザ1を設定している。なお、本実施形態においては、対物レンズ6のNAが高い(0.85)ので、基板61を通して光を磁性層63に入射すると、基板61の機械的な変動によりスポット品位が大きく変動するおそれがあるので、それを避けるために、基板61と反対側から光を入射するように構成している。

【0024】

ところで、本実施形態の光磁気ディスク7は、ビーム波長が660nmで対物レンズのNAが0.60という条件における記録再生を行うためのものである。この場合、前記したような、波長が410nmで対物レンズのNAが0.85であるビームスポットでは、通常のプッシュプル信号は得られない可能性が大きい。そこで、プッシュプル信号を得るために、図3に示すようにサブビーム32、33を太くしている。すなわち、図4に示すようなグレーティング2を用いて、サブビーム32、33が、波長が410nmで対物レンズのNAが0.55~0.60程度である場合に相当するようなスポットになるようにしている。図4に点線で示されている円24は、対物レンズ6の入射瞳に相当するグレーティング2上の光束径を示している。グレーティング2の格子はそれよりも小さい領域2'に形成され、結果として、回折される光束は対物レンズ6の入射瞳地点で入射瞳よりも細い光束となり、NAの低い対物レンズ6で絞られたメインビーム31を光磁気ディスク7上に集光する。この場合、非回折光束は中心部の強度が低下するので、メインビーム31は、いわゆる光超解像の効果も期待できる。なお、グループ22の形状によって、波長が

410nmで対物レンズのNAが0.85であるスポットでもプッシュプル信号が得られるようであれば、通常行われている方法と同様に、点線の円（入射瞳）24よりも大きな領域に、グレーティング2の格子を設ければよい。

【0025】

一方、光磁気ディスク7で反射された3つのビーム31, 32, 33は、図2に示すように、PBS3で再度反射され、センサーレンズ8を介してセンサー9に集光させられる。トラッキングエラー生成回路11において、トラッキングエラー検出回路がセンサー9より得られる出力信号からトラッキングエラーを検出し、側壁23の1周分のアニール処理が終わったことを検知すると、隣接する側壁23ではトラッキングエラーの傾きが反対となるのに応じて、極性切り替え回路がトラッキングエラーの極性を切り替える。アクチュエータードライブ回路12は、このトラッキングエラー生成回路11からの情報に基づいて、隣の側壁23をアニール処理するように対物レンズ保持手段10を移動させ、いわゆるトラッキングサーボをかける。

【0026】

このトラッキングエラー生成およびトラッキングサーボについて、以下に詳細に説明する。まず、メインビーム31を側壁23上にトラッキングするためのトラッキングエラーを生成する方法について、図5を参照して説明する。センサー9は、3群の分割センサー41, 42, 43からなり、各分割センサー41, 42, 43上には、光磁気ディスク7上の3つのビーム31, 32, 33に対応して、スポット51, 52, 53が集光されている。分割センサー41からは、 $(A+C) - (B+D)$ に基づき、フォーカスエラー信号が得られる。他方、分割センサー42, 43からは、それぞれ、 $TE1 = F - E$ 、 $TE2 = H - G$ に基づいたプッシュプルトラッキングエラー信号が得られる。ここで、サブビーム32と33、すなわちスポット52と53に対して、周知のディファレンシャルプッシュプル法を適用する。すると、DCオフセット分の抑圧されたトラッキングエラー信号が得られる。

【0027】

このトラッキングエラー信号に基づいて、側壁23のアニール処理時に、安定したトラッキングサーボが可能になる。そして、必要に応じてオフセットして、上述したように、隣の側壁23へ移動する場合は、トラッキングエラー信号の極性を切り替えてトラッキングサーボをかけるようにしている。

【0028】

ここで、トラッキングサーボに関して述べる。図6にランド21およびグループ22と、上述したトラッキングエラー信号の関係を示している。図6に示すように、側壁23から隣接する側壁23'へ移動する場合は、デトラックのためのオフセット量 δ はそのまま極性を切り替えている。こうすることにより、常にグループ22側へのデトラックを保つことができる。このオフセットは、ランド21とグループ22の幅が等しい場合には、原理上不要である。しかし、ランド21とグループ22の幅が異なる場合、側壁23の中心がランド21の中心とグループ22の中心との間の中間点ではないので、側壁23の中心にトラッキングさせるためには、若干オフセットする必要がある。本実施形態においては、後述するようにランド21の幅の方がグループ22の幅よりも広いので、グループ22側への若干のデトラックを保つことが必要である。

【0029】

次に、側壁23のアニール処理について、ベクトル解析に基づく光スポットプロファイルおよび薄膜の光吸収量の解析、さらに、その結果を用いた熱拡散方程式に基づく温度分布解析による検討結果を、図7～10に示される模式図をモデルとして説明する。

【0030】

図7および図8には、線速2.0m/sで、アニール用スポット51（メインビーム31）を側壁23の中心に照射した場合の光吸収分布を示している。これらのグラフの横軸であるラジアル方向の位置は、側壁23の中心を基準（0）として表している。この実施形態では、グループ22の深さは60nmで、側壁23の傾斜角は45°である。図7は、

ラジアル方向（ディスク半径方向）の断面における光吸収分布（発熱分布）を示している。図8は、平面的な光吸収分布（発熱分布）の強度等高線を示している。図8において、トラック方向はスポット移動方向であり、照射されているスポットの位置を基準（0）として表している。図7、8より、光吸収はランドエッジ（ランド21の端部）付近にピークを有していることが分かる。すなわち、光吸収分布は、光の入射方向から見て凸状のランド21の端部近傍に集中している。これは、近接場光学分野で知られている、微小構造における電界の局在を意味している。

【0031】

図9および図10に、その時の温度分布について示している。図9は、ラジアル方向（ディスク半径方向）の断面における温度分布を示している。図10は、平面的な温度分布の強度等高線を示している。温度のピークは、光吸収分布を反映して、やはりランドエッジ付近にあり、2次元的な見方をしても、温度の高い領域がランドエッジ付近に広がっている。従って、側壁23からランド21に至る領域から順番にアニール温度に到達していくことがわかる。

【0032】

以上のように、光吸収分布がランドエッジ付近にピークを有し、結果として、温度の高い領域がランドエッジ付近に広がるので、アニール処理時に多少スポットがデトラックしても、その影響は小さいことが分かる。

【0033】

ところで、本実施形態においては、グループ22と側壁23の境界部が、ちょうどアニール温度のしきい値となるように、アニール照射光強度を調整設定する。すなわち、図9において、側壁23の中心から側壁23の幅の半分 w だけグループ22側にずらした位置（側壁23のグループ22側の端部）での温度 T_w が、アニール温度のしきい値となるように設定されている。これによって、側壁23の中心からグループ22側では側壁23の幅の半分 w の領域だけ、すなわち側壁23の端部までがアニールされる。しかし、側壁23の中心からランド21側では、図9、10の温度分布から明らかなように、グループ22側に比べて高温の領域が広がっているため、グループ22側のアニール領域（側壁23の幅の半分 w の領域）よりも広い幅 L_a だけアニールされる。すなわち、ランド21の側壁23に近接する部分もアニールされる。

【0034】

このことから考えると、前記したように側壁23の中心を集光中心として側壁23およびその近傍をアニール処理して、アニール処理後のランド21におけるトラック（記録再生領域）の幅と、グループ22におけるトラック（記録再生領域）の幅がほぼ等しくなるようにするためには、ランド21の幅を広めにしておく必要がある。望ましくは、ランド21の幅を、グループ22の幅よりも（ $L_a - w$ ）の値だけ広くしておくことと良い。このようにして、無駄にトラックピッチを広げることなく、トラックの幅を均一化して磁壁移動再生信号品位を揃えることができる。なお、本実施形態では基板61と反対側から光を照射している。

【0035】

なお、本実施形態の光磁気ディスク7は、ランド・アンド・グループ方式の記録再生を行うものであり、そのグループ22の深さは10nm～80nm程度、側壁23の傾斜角は15°～75°程度が適当である。グループ22の深さが10nm程度以下、または100nm前後程度の場合には、可視光ビームを照射した場合のプッシュプル信号の変調度が低すぎて、正常なトラックエラー信号生成が行えない。また、グループ22の深さが100nmよりも深い場合には、側壁23の傾斜角が、基板61の成形が容易にできる程度の範囲内であれば、側壁23の幅が広がってしまう。側壁23の幅が広くなりすぎると、そのぶんだけ、側壁23のアニール処理後にランド21とグループ22のトラック（ランド・アンド・グループ方式における記録再生領域）の幅が狭くなるため、良好な磁壁移動型記録再生ができなくなる。一方、側壁23の傾斜角が15°以下であると側壁23の幅が広くなり過ぎて前記した不都合が生じる可能性が大きく、75°以上であると基板

61の成形が難しくなってしまうという問題が生じる。結局、グループ22の深さは10 nm～80 nm程度、側壁23の傾斜角は15°～75°程度が適当であって、グループ22の深さが20 nm～60 nm、側壁23の傾斜角が30°～60°程度であるとより良好であると言える。

【0036】

このように、グループ22の深さが10 nm～80 nm、側壁23の傾斜角が15°～75°である光磁気ディスク7について、実際に解析を行った。その解析結果のうち、グループ22の深さが20 nm、40 nm、60 nmで、側壁23の傾斜角が30°、45°、60°の場合について、(L a -w) 値、すなわち、ランド21とグループ22のアニール処理される領域の幅の差を、表1に示している。また、その時の側壁23の幅(2w)を表2に示している。

【0037】

【表1】

[表1]

L a -w

グループ22の深さ 側壁23の傾斜角	20 nm	40 nm	60 nm
30°	50.3 nm	63.8 nm	72.8 nm
45°	46.3 nm	61.9 nm	78.1 nm
60°	42.2 nm	54.5 nm	64.9 nm

[表2]

2w

グループ22の深さ 側壁23の傾斜角	20 nm	40 nm	60 nm
30°	35 nm	69 nm	104 nm
45°	20 nm	40 nm	60 nm
60°	11 nm	23 nm	35 nm

この表1および表2から、(L a -w) 値と側壁23の幅2wの比は0.7～3.8程度となる。すなわち、本発明のように、ランド・アンド・グループ方式による記録を行う光磁気記録媒体では、基板61と反対側から光を照射して側壁23およびその近傍をアニール処理する場合には、グループ22の深さが20 nm～60 nmで側壁23の傾斜角が30°～60°程度であれば、ランド21の幅を、グループ22の幅と比較して、側壁23の幅の0.7～3.8倍程度広くすると、アニール処理後のランド21におけるトラック(記録再生領域)の幅とグループ22におけるトラック(記録再生領域)の幅がほぼ等し

くなり、無駄にトラックピッチを広げることなく、磁壁移動再生信号の品位を揃えることができる。なお、グループ22の深さが10nm～80nm程度で側壁23の傾斜角が15°～75°程度であれば、ランド21の幅を、グループ22の幅と比較して、側壁23の幅の0.5～4倍程度広くすると良い。

【0038】

前記した通り、本実施形態の光磁気ディスク7は、ビーム波長が660nmで対物レンズのNAが0.60という条件における記録再生を行うためのものである。ランド・アンド・グループ方式の記録を行う上に、さらにトラックピッチを狭くすることが望む場合には、グループ22のピッチを1.0～1.2ミクロン程度にするのが適当である。これより狭いピッチでは、磁気的分断ができたとしても、クロストークなど隣接するトラックからの影響が大きな問題となるからである。このようにグループ22のピッチを1.0～1.2ミクロンにした場合、グループ22の深さが20nm～60nm程度で側壁23の傾斜角が30°～60°程度であれば、ランド21の幅（半値幅）：グループ22の幅（半値幅）は1.07～1.17：1程度である。また、グループ22の深さが10nm～80nm程度で側壁23の傾斜角が15°～75°程度であれば、ランド21の幅（半値幅）：グループ22の幅（半値幅）は1.05～1.20：1程度である。

【0039】

以上の説明は、本実施形態における光学系に関するアニール条件、すなわち、アニール用の光ビームの波長が410nmで対物レンズ6のNAが0.85であるという条件を前提としているが、図7～10に示すように、光吸収分布が、光入射方向から見て凸状のランド21のエッジ部近傍に集中していることに基づく設計であるので、光学系に関するアニール条件が、本実施形態で採用した前記アニール条件から大きく離れていない限り、状況に大きな違いは生じなく、実質的に同様な設計で良好な光磁気ディスク7が得られる。

【0040】

こうして、図1に示したのと同様な本実施形態の光磁気ディスク7が得られる。この光磁気ディスク7には、図11に示すように、ランド21のエッジ部を中心として、主に面内磁化膜となっている、磁性が変質させられた領域（磁性変質領域）24が存在している。そして、一例として、グループの深さが60nmで側壁23の傾斜角が45°に形成しているので、（L a w）が約0.08ミクロンでwが0.06ミクロンであり、グループ22のピッチを1.08ミクロンとして、ランド21の幅（半値幅）を0.58ミクロン、グループ22の幅（半値幅）を0.50ミクロンとした。これによって、アニール処理後のトラック（記録再生領域）の幅が0.44ミクロン程度となって、ランド21とグループ22とでほぼ同じ幅になる。また、ランド21の幅（半値幅）とグループ22の幅（半値幅）の比は1.16：1程度である。こうして、トラック幅が0.44ミクロンでトラックピッチが0.54ミクロンの、グループ22が比較的浅くトラックピッチが狭い磁壁移動型光磁気記録媒体が得られた。

【0041】

〔第1の実施態様〕

磁壁移動層と、スイッチング層と、記録保持層とが積層された構成の磁性層を有し、記録用光ビームが照射されるとともに印加磁界が変調されると前記磁性層の記録再生領域に情報が記録され、前記記録再生領域に再生用光ビームが照射されると前記磁壁移動層に転写されている記録マークの磁壁が移動し、前記再生用光ビームの反射光が有する偏光面の変化を検出することによって前記情報が再生される磁壁移動型の光磁気記録媒体であって、前記記録再生領域を構成しているランドとグループの間に存在する側壁およびその近傍がアニール処理されており、

前記ランドの幅は、前記グループの幅に比較して、前記側壁の幅の0.5倍から4倍の広さだけ広くなっていることを特徴とする光磁気記録媒体。

【0042】

〔第2の実施態様〕

磁壁移動層と、スイッチング層と、記録保持層とが積層された構成の磁性層を有し、記録

用光ビームが照射されるとともに印加磁界が変調されると前記磁性層の記録再生領域に情報が記録され、前記記録再生領域に再生用光ビームが照射されると前記磁壁移動層に転写されている記録マークの磁壁が移動し、前記再生用光ビームの反射光が有する偏光面の変化を検出することによって前記情報が再生される磁壁移動型の光磁気記録媒体であって、前記記録再生領域を構成しているランドとグループの間に存在する側壁およびその近傍がアニール処理されており、

前記グループの周期が $1.0 \sim 1.2$ ミクロンで、かつ、前記ランドの幅の、前記グループの幅に対する比が、 $1.05 \sim 1.20$ であることを特徴とする光磁気記録媒体。

【0043】

〔第3の実施態様〕

前記側壁およびその近傍は、アニール用光ビームが照射されることによって物性が変質させられている、第1または第2の実施態様に記載の光磁気記録媒体。

【0044】

〔第4の実施態様〕

磁壁移動層と、スイッチング層と、記録保持層とが積層された構成の磁性層を有し、記録用光ビームが照射されるとともに印加磁界が変調されると前記磁性層の記録再生領域に情報が記録され、前記記録再生領域に再生用光ビームが照射されると前記磁壁移動層に転写されている記録マークの磁壁が移動し、前記再生用光ビームの反射光が有する偏光面の変化を検出することによって前記情報が再生される磁壁移動型の光磁気記録媒体の製造方法であって、

前記記録再生領域を構成しているランドとグループの間に存在する側壁およびその近傍に、アニール用光ビームを照射して物性を変質させる工程を含み、

前記ランドおよび前記グループを、前記ランドの幅が前記グループの幅に比較して前記側壁の幅の 0.5 倍から 4 倍の広さだけ広くなるように形成することを特徴とする光磁気記録媒体の製造方法。

【0045】

〔第5の実施態様〕

磁壁移動層と、スイッチング層と、記録保持層とが積層された構成の磁性層を有し、記録用光ビームが照射されるとともに印加磁界が変調されると前記磁性層の記録再生領域に情報が記録され、前記記録再生領域に再生用光ビームが照射されると前記磁壁移動層に転写されている記録マークの磁壁が移動し、前記再生用光ビームの反射光が有する偏光面の変化を検出することによって前記情報が再生される磁壁移動型の光磁気記録媒体の製造方法であって、

前記記録再生領域を構成しているランドとグループの間に存在する側壁およびその近傍に、アニール用光ビームを照射して物性を変質させる工程を含み、

前記ランドおよび前記グループを、前記グループの周期が $1.0 \sim 1.2$ ミクロンで、かつ、前記ランドの幅の前記グループの幅に対する比が $1.05 \sim 1.20$ になるように形成することを特徴とする光磁気記録媒体の製造方法。

【0046】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によると、ランド・アンド・グループ方式を採用し、かつ磁壁移動型記録再生を行う光磁気記録媒体において、ランドとグループの間に位置する側壁をアニール処理して物性を変質させることによって、比較的浅いグループであっても、互いに隣接するランドとグループの記録再生領域を効果的に磁氣的に分断して、良好な高密度記録および再生ができる。しかも、ランドの幅を、グループの幅よりも所定量だけ広くすることによって、ランドとグループの記録再生領域をほぼ同幅にして再生信号を均一化して高品位にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の光磁気ディスクの要部を示す模式的断面図である。

【図2】 本発明の光磁気ディスクの製造方法に用いられるアニール処理装置の模式図であ

る。

【図 3】本発明の光磁気ディスクの製造方法における光磁気ディスク上への光照射工程を示す模式的平面図である。

【図 4】図 2 に示すアニール処理装置のグレーティングの構造を示す説明図である。

【図 5】図 2 に示すアニール処理装置のトラッキングエラー生成回路の概略を示すブロック図である。

【図 6】本発明の光磁気ディスクの製造方法におけるトラッキングエラーを示す説明図である。

【図 7】本発明の光磁気ディスクの製造方法における光磁気ディスク上への光照射工程中のラジアル方向の発熱分布を示す図である。

【図 8】本発明の光磁気ディスクの製造方法における光磁気ディスク上への光照射工程中の強度等高線を示す図である。

【図 9】本発明の光磁気ディスクの製造方法における光磁気ディスク上への光照射工程中のラジアル方向の温度分布を示す図である。

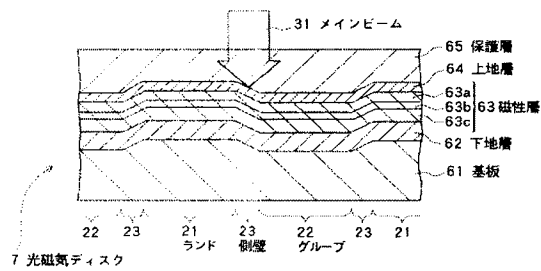
【図 10】本発明の光磁気ディスクの製造方法における光磁気ディスク上への光照射工程中の等温線を示す図である。

【図 11】本発明の光磁気ディスクの要部を示す模式的平面図である。

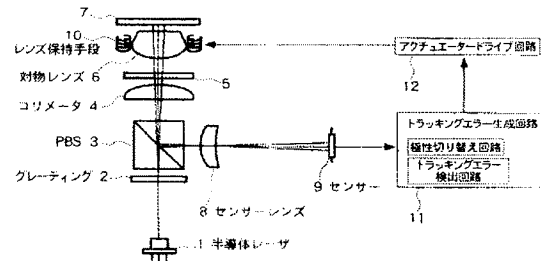
【符号の説明】

- | | |
|----------------|-----------------------------------|
| 1 | 半導体レーザ |
| 2 | グレーティング |
| 3 | 偏光ビームスプリッタ (PBS) |
| 4 | コリメータ |
| 5 | 1/4 波長板 |
| 6 | 対物レンズ |
| 7 | 光磁気記録媒体 (光磁気ディスク) |
| 8 | センサーレンズ |
| 9 | センサー |
| 10 | レンズ保持手段 |
| 11 | トラッキングエラー生成回路 |
| 12 | アクチュエータードライブ回路 |
| 21 | ランド |
| 22 | グループ |
| 23 | 側壁 |
| 24 | 磁性変質領域 |
| 31 | アニール用ビーム (メインビーム) |
| 32, 33 | サブビーム |
| 61 | 基板 |
| 62 | 下地層 |
| 63 | 磁性層 |
| 63a | 磁壁移動層 |
| 63b | スイッチング層 |
| 63c | 記録保持層 |
| 64 | 上地層 |
| 65 | 保護層 |
| δ | オフセット量 |
| w | 側壁幅の 1/2 |
| T _w | アニール温度しきい値 |
| L _a | T _w に対応するランド側のアニール領域の幅 |

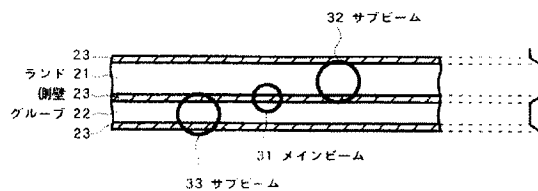
【図1】



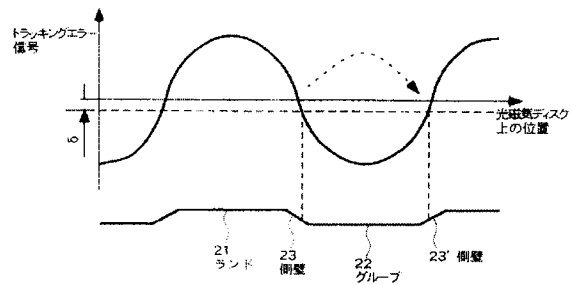
【図2】



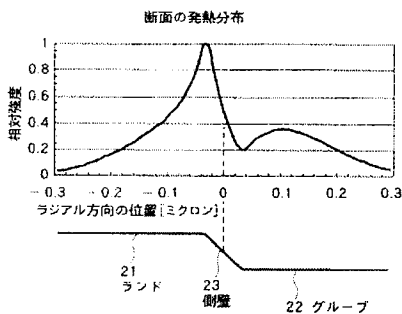
【図3】



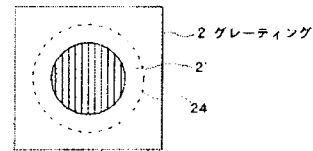
【図6】



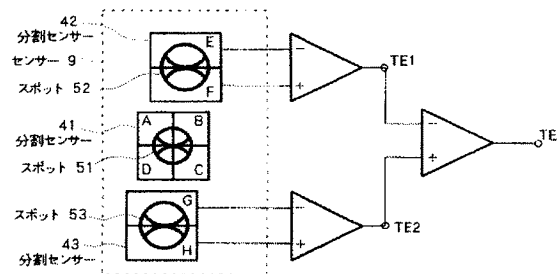
【図7】



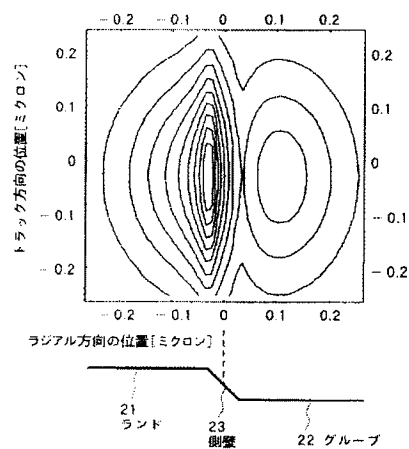
【図4】



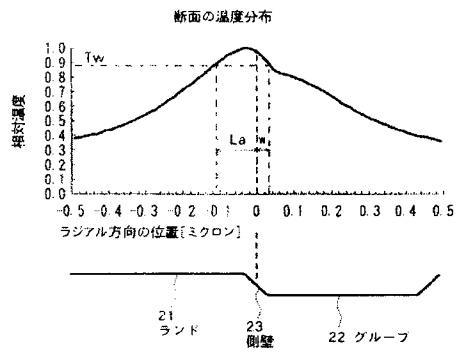
【図5】



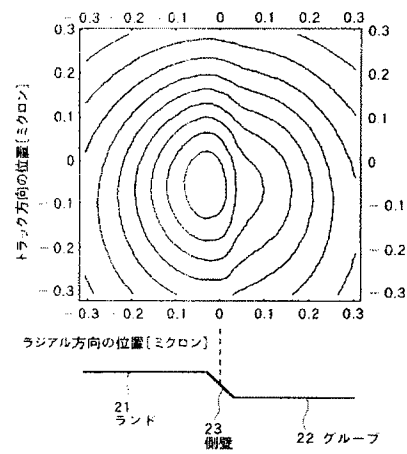
【図8】



【図 9】



【図 10】



【図 11】

